Amministarzione Provinciale di Catanzaro

ISTITUTO TECNICO STATALE PER GEOMETRI
Lamezia Terme (CZ)

PROGRAMMA OPERATIVO NAZIONALE

"Ambienti per l'apprentimento" FESR 2007-2013 IT 16 1 PO 004
2007 IT 16 1 PO 004

Asse II - "Qualità degli ambienti scolastici"
Obietiivo C "incrementare la qualità delle infrastrutture scolastiche, l' ecosostenibiltà, e la sicurezza degli edifici scolastici; potenziare le strutture per garantire la paretecipazione delle persone diversamente abili e quelle finalizzate alla qualità della vita degli studenti."

PROGETTO DEFINITIVO

Elaborato:	Il Tecnico:
RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA Impianto Fotovoltaico	Ing. Fabrizio Gabellini

TAV. N.:	Scala:	Data:
01a		

INDICE

NORMATIVA E LEGGI DI RIFERIMENTO

Nella redazione del presente progetto sono state e dovranno essere osservate nell'esecuzione dell'impianto le norme tecniche CEI e le disposizioni di legge.

Gli impianti devono essere realizzati a regola d'arte, come prescritto dalla Legge n. 186 del 1° marzo 1968 e ribadito dal Decreto n. 37 del 22 Gennaio 2008.

Le caratteristiche degli impianti stessi, nonché dei loro componenti, devono essere in accordo con le norme di legge e di regolamento vigenti ed in particolare essere conformi:

- alle prescrizioni di autorità locali, comprese quelle dei VVFF;
- alle prescrizioni e indicazioni della Società Distributrice di Energia Elettrica;
- alle norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano)
- alle delibere AEEG.

Le principali norme e leggi che regolamentano la realizzazione di Apparecchiature, Strutture e Impianti Elettrici, relative al presente progetto sono di seguito elencate:

- DM 19/02/2007 – nuovo conto energia Criteri e modalità per incentivare la produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare in attuazione dell'articolo 7 del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274/03 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica."
- DM 14.01.2008 Norme tecniche per le costruzioni
- Circolare 2 febbraio 2009 n°617 (Ministero Infrastrutture e Trasporti) "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Decreto Legislativo 09/04/2008 n. 81 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro"
- D.Lgs 387/2003 Attuazione delle direttive CEE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili.
- Delibera n. 88/07 dell'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas – Disposizioni in materia di misura dell'energia elettrica prodotta da impianti di generazione.
- Delibera n. 89/07 dell'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas – Condizioni tecnico economiche per la concessione di impianti di produzione di energia elettrica alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi a tensione nominale minore o uguale a 1 kV:

- Delibera n. 90/07 dell’Autorità per l’Energia Elettrica e il Gas – Attuazione del decreto del ministro dello sviluppo economico, di concerto con il ministro dell’ambiente e della tutela del territorio e del mare 19 febbraio 2007, ai fini dell’incentivazione della produzione di energia elettrica mediante impianti fotovoltaici.
- Delibera n. 99/08 dell’Autorità per l’Energia Elettrica e il Gas – Testo integrato delle condizioni tecniche ed economiche per la connessione alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi degli impianti di produzione di energia elettrica (Testo integrato delle connessioni attive – TICA).
- Delibera n. 74/08 dell’Autorità per l’Energia Elettrica e il Gas – Testo integrato delle modalità e delle condizioni tecnico-economiche per lo scambio sul posto (TISP).
- Delibera n. 179/08 dell’Autorità per l’Energia Elettrica e il Gas – Modifiche e integrazioni alle deliberazioni dell’autorità per l’energia elettrica e in gas ARG/elt 99/08 e n. 281/05 in materia di condizioni tecniche ed economiche per la connessione alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi degli impianti di produzione di energia elettrica.
- Guida per le connessioni alla rete elettrica di Enel Distribuzione Ed. 1 – Regole tecniche di connessione di clienti produttori alle reti Enel in bassa tensione.
- CEI 82-25 Guida alla realizzazione di sitemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di media e bassa tensione. Ed. II dicembre 2008.
- CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;
- CEI 11-20: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi i continuita' collegati a reti di I e II categoria;
- CEI EN 60904-1: Dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente;
- CEI EN 60904-2: Dispositivi fotovoltaici - Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento;
- CEI EN 60904-3: Dispositivi fotovoltaici - Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento;
- CEI EN 61727: Sistemi fotovoltaici (FV) - Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo con la rete;
- CEI EN 61215: Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo;
- CEI EN 61000-3-2: Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente

- armonica (apparecchiature con corrente di ingresso = 16 A per fase);
- CEI EN 60555-1: Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili -Parte 1: Definizioni; CEI EN 60439-1-2-3: Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione;
- CEI EN 60445: Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremita' dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico;
- CEI EN 60529: Gradi di protezione degli involucri (codice IP);
- CEI EN 60099-1-2: Scaricatori;
- CEI 20-19: Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750
- CEI 20-20: Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V;
- CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;
- CEI 0-3: Guida per la compilazione della documentazione per la legge n. 46/1990;
- UNI 10349: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici.;
- CEI EN 61724: Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici. Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;
- IEC 60364-7-712 Electrical installations of buildings - Part 7-712: Requirements for special installations or locations Solar photovoltaic (PV) power supply systems.
- Qualora le sopra elencate norme tecniche siano modificate o aggiornate, si applicano le norme piu' recenti Si applicano inoltre, per quanto compatibili con le norme sopra elencate, i documenti tecnici emanati dalle societa' di distribuzione di energia elettrica riportanti disposizioni applicative per la connessione di impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica.
- CEI 64-12 Guida per l’esecuzione dell’impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario Le apparecchiature impiegate, quando sono ammesse, devono portare impresso il marchio di qualità IMQ, attestante la costruzione delle medesime secondo la regola dell’arte.
- CEI 66-da 5 a 16 CEI EN 61010 Prescrizioni di sicurezza per apparecchi elettrici di misura, controllo e per utilizzo in laboratorio
- CEI 70-1 CEI EN 60529 Gradi di protezione degli involucri
- CEI 81-10 (CEI EN 62305/1-4) : "Protezione delle strutture contro i fulmini.
- CEI 81-3 : "Valori medi del numero dei fulmini a terra per anno e per chilometro
- Tabelle CEI - UNEL 35024/1 e 00722;
- UNI EN 12464-1 “Requisiti dell’illuminazione nei luoghi di lavoro all’interno”

- D.P.R. n. 380/2001 "Testo unico in materia di edilizia sezione impianti "
- D.P.R. n. 462/2001

- nominale non superiore a 20 kW (Deliberazione 224/00)".

I riferimenti di cui sopra possono non essere esaustivi. Ulteriori disposizioni di legge, norme e deliberazioni in materia, anche se non espressamente richiamati, si considerano applicabili.

Nella scelta dei materiali si prescrive che tutti gli apparecchi impiegati dovranno essere idonei all'ambiente in cui sono installati e tali da resistere alle azioni meccaniche, corrosive, termiche o dovute all'umidità alle quali possono essere esposti durante l'esercizio.

I prodotti da utilizzare nella realizzazione dell'impianto elettrico dovranno provenire da primarie Aziende del settore; in ogni caso, laddove risulta specificata la marca delle apparecchiature utilizzate, il fornitore potrà utilizzare materiale di altro Costruttore purché questo avvenga nel rispetto della schematica indicata e delle caratteristiche richieste e su approvazione del Committente previa consultazione della D.L..

Tutti i materiali dovranno avere dimensioni e caratteristiche tali da rispondere alle norme CEI ed alle tabelle CEI-UNEL attualmente in vigore.

In particolare gli apparecchi e i materiali dovranno essere marcati CE e coloro per i quali è prevista la concessione del Marchio Italiano di Qualità devono essere muniti del contrassegno I.M.Q. .

In assenza di marchio (o di attestato/relazione di conformità rilasciata da un organismo autorizzato ai sensi dell'art. 7 della legge 791/77), i componenti devono essere dichiarati conformi alle rispettive norme dal costruttore.

DIMENSIONAMENTO, PRESTAZIONI E GARANZIE

La quantità di energia elettrica producibile sarà calcolata sulla base dei dati radiometrici di cui alla norma UNI 10349 (o dell'Atlante Europeo della Radiazione Solare) e utilizzando i metodi di calcolo illustrati nella norma UNI 8477-1.

Gli impianti di potenza compresa tra 1 kWp e 50 kWp verranno progettati per avere una potenza attiva, lato corrente alternata, superiore al 75% del valore della potenza nominale dell'impianto fotovoltaico, riferita alle condizioni STC.

Per gli impianti di potenza superiore a 50 kWp ed inferiore a 1.000 kWp verranno invece rispettate le seguenti condizioni:

$$P_{cc} > 0,85 * P_{nom} * I / I_{STC}$$

In cui:

P_{cc} è la potenza in corrente continua misurata all'uscita del generatore fotovoltaico, con precisione migliore del $\pm$2%;

P_{nom} è la potenza nominale del generatore fotovoltaico;

I è l'irraggiamento espresso in W/m^2 misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del $\pm$3;

I_{STC} pari a 1000 W/m^2 è l'irraggiamento in condizioni di prova standard;

Tale condizione sarà verificata per I >. 600 W/m^2.

$$P_{ca} > 0.9 * P_{cc}$$

In cui:

P_{ca} è la potenza attiva in corrente alternata misurata all'uscita del gruppo di conversione con precisione migliore del $\pm$2%;

Tale condizione sarà verificata per P_{ca} > 90% della potenza di targa del gruppo di conversione.

Non sarà ammesso il parallelo di stringhe non perfettamente identiche tra loro per esposizione, e/o marca, e/o modello, e/o numero dei moduli impiegati. Ciascun modulo, infine, sarà dotato di diodo di by-pass.

Sarà, inoltre, sempre rilevabile l'energia prodotta (cumulata) e le relative ore di funzionamento.

ANALISI DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Il presente progetto è relativo alla realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione fotovoltaica, avente una potenza di picco pari a 34020 Wp.

Dati relativi al committente	
Committente:	DIRIGENTE SCOLASTICO DOTT SALVATORE VESCIO
Indirizzo:	VIA S. MICELI - 88046 LAMEZIA TERME
Recapito telefonico:	0968
Codice fiscale / Partita IVA:	XXXX / XXXX

Località di realizzazione dell'intervento	
Indirizzo:	VIA S. MICELI n°SNC - 88046 LAMEZIA TERME
Destinazione d'uso dell'immobile:	SCUOLA
Potenza contrattuale:	15 kW
Tariffa:	BIORARIA
Numero contatore ENEL Distribuzione S.p.A.:	POD
Intestatario utenza:	PROVINCIA DI CATANZARO
Tipologia fornitura:	TRIFASE CON NEUTRO

Dati relativi al posizionamento del generatore FV	
Posizionamento del generatore FV:	Installazione su tetto piano (Non integrato architettonicamente)
Angolo di azimut del generatore FV:	-8°
Angolo di tilt del generatore FV:	30°
Fattore di albedo:	Erba verde
Fattore di riduzione delle ombre K_{ombre}:	0,95

DESCRIZIONE SOMMARIA E SITO DI INSTALLAZIONE

L'impianto per la produzione di energia elettrica (generatore fotovoltaico) sarà costituito da moduli (pannelli) fotovoltaici connessi in serie ed in parallelo. Ciascuno pannello è costituito da celle di silicio policristallino; il generatore fotovoltaico è assimilabile ad un generatore elettrico a tensione costante (legata alla sola variazione della temperatura ambiente) e a corrente variabile (la cui intensità è direttamente proporzionale al valore di luminosità che incide sui pannelli).

Il campo fotovoltaico sarà esposto, con un orientamento azimutale a -8° rispetto al sud e avrà un'inclinazione rispetto all'orizzontale di 30° (tilt).

Tale esposizione è la più idonea al fine di massimizzare l'energia producibile. L'impianto sarà installato in un edificio non soggetto a vincoli paesaggistici.

E' stato scelto un fattore di riduzione delle ombre del 0,95, garantendo così che le perdite di energia derivanti da fenomeni di ombreggiamento non siano superiori al 5% su base annua.

DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

L'impianto fotovoltaico sarà costituito da 162 moduli, suddivisi in 6 stringhe aventi ognuna 27 moduli, per una superficie totale dell'impianto di 569,7 m². Si prevede di utilizzare 3 stringhe in parallelo.

Inoltre si prevede di adottare una conversione di stringa e quindi di utilizzare un numero di convertitori statici pari a 3.

Tale impianto fotovoltaico è destinato a produrre energia elettrica in collegamento alla rete elettrica di distribuzione di bassa tensione in corrente alternata di tipo monofase. Esso sarà connesso elettricamente alla parte della rete di proprietà dell'utente in corrispondenza del quadro elettrico generale da posizionare nel locale tecnico. A valle del gruppo di conversione dovrà essere installato un contatore fiscale che dovrà misurare tutta l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico per la contabilizzazione. Nel punto di connessione in BT la tensione sarà di 400 Vca (ca = corrente alternata) trifase e la frequenza è di 50 Hz. In corrispondenza del punto di consegna fiscale dell'energia sulla rete utente (da sistemare all'interno del locale tecnico) verranno installati dal fornitore di energia elettrica, i contatori di energia in uscita.

L'impianto fotovoltaico sarà costituito dai seguenti componenti principali (vedi allegato 2 per la terminologia) :

- GENERATORE FOTOVOLTAICO che provvederà alla trasformazione dell'energia solare direttamente in energia elettrica, costituito 162 moduli, suddivisi in 6 stringhe aventi ognuna 27 moduli. Il generatore fotovoltaico è gestito come sistema IT,

ovvero con nessun polo connesso a terra; il generatore fotovoltaico sarà posizionato sul tetto piano con inclinazione di 30°;

- QUADRO DI SOTTOCAMPO (QCC) costituito da una sezione su ognuna delle quali saranno connesse le tre stringhe fotovoltaiche di 27 moduli ciascuna. Esso conterrà i sezionatori e scaricatori di sovratensione. Nel quadro CC saranno installati 6 sezionatori di manovra aventi funzione di sezionatore di stringa essi saranno di taglia adeguati in relazione alla corrente di massima potenza della stringa, Imp, nonché alla tensione di circuito aperto (Voc) delle stringhe di moduli fotovoltaici ad essi connesse. In tale quadro sono stati previsti, inoltre, n. 3 diodi di blocco con catodo a prigioniero di taglia adeguata dotate di opportune alette di raffreddamento e n. 6 scaricatori di sovratensione attacco su guida DIN dimensionate adeguatamente. Si fa presente che in sede di progetto esecutivo i suddetti dispositivi saranno tutti calcolati in base alle specifiche di progetto.
- SISTEMA DI CONVERSIONE CC/CA costituito da n. 3 inverter (CC/CA) tipo SIAC modello SOLEIL 10 TL che provvederanno alla conversione dell'energia elettrica in corrente continua prodotta dalle stringhe del generatore fotovoltaico nella corrente alternata con caratteristica di tensione e frequenza di uscita adattate alle caratteristiche della rete elettrica richiesta per l'interfacciamento all'impianto elettrico dell'utilizzatore;
- N° 1 CONTATORE FISCALE (M2) che provvederà a misurare tutta l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico
- N° 1 QUADRO DI SEZIONAMENTO E PROTEZIONE, che provvederà all'interfacciamento dell'impianto fotovoltaico all'impianto elettrico dell'utilizzatore montato ad un metro dal gruppo di conversione. Il quadro "QCA" è costituito dalle apparecchiature preposte ad effettuare il collegamento in parallelo dell'inverter alla rete elettrica di distribuzione in bassa tensione. All'interno del quadro "QCA" sono contenuti i dispositivi di interruzione della linea proveniente dagl'inverter. I dispositivi di interruzione della linea proveniente dagl'inverter saranno tre interruttori magnetotermici differenziali dimensionati per le relative correnti e tensioni e con potere di interruzione adeguato. L'impianto fotovoltaico verrà connesso elettricamente alla rete di proprietà dell'utente in corrispondenza del locale tecnico.
- N°1 DISPOSITIVO D'INTERFACCIA
- N° 2 CONTATORI FISCALI che provvederanno a misurare tutta l'energia sia in ingresso che in uscita per la contabilizzazione e lo scambio in net metering

Schema generico di collegamento

RADIAZIONE SOLARE E ANALISI DELLE OMBRE

La valutazione della risorsa solare disponibile è stata effettuata prendendo come riferimento la località che dispone dei dati storici di radiazione solare nelle immediate vicinanze di LAMEZIA TERME.

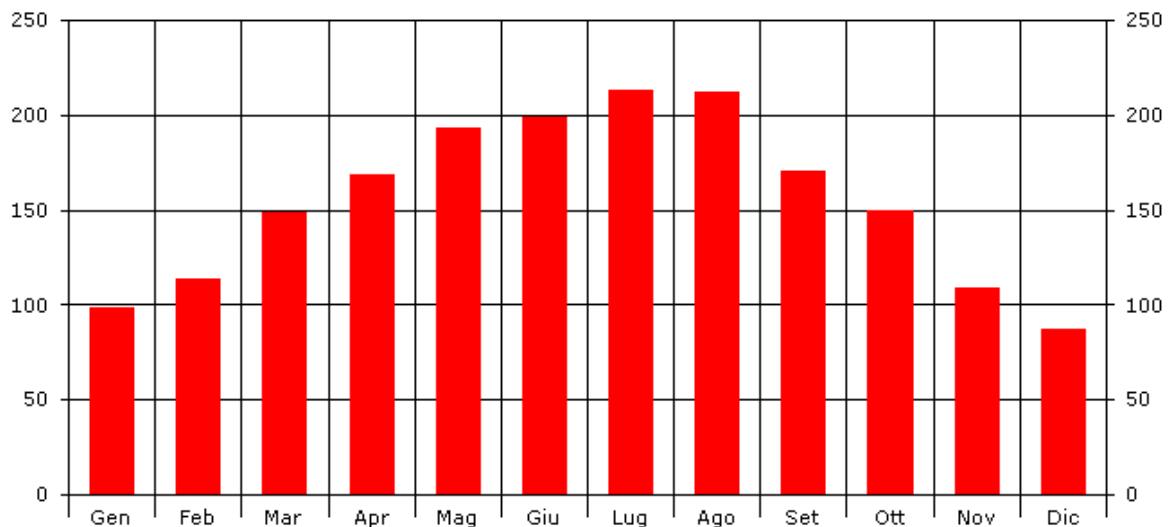
In base alla Norma UNI 10349 la località che meglio identifica quanto sopra esposto è LAMEZIA TERME.

E’ stato scelto un fattore di riduzione delle ombre pari a 0,95.

Irraggiamento solare a LAMEZIA TERME

in base alla norma UNI 10349 e calcolato su moduli esposti a -8° rispetto al Sud ed inclinati rispetto all'orizzontale di 30°

Fattore di albedo scelto: Erba verde

Mese	***Giornaliero***				***Mensile***
	Radiazione Diretta (Wh/m^2)	*Radiazione Diffusa (Wh/m^2)*	*Radiazione Riflessa (Wh/m^2)*	*TOTALE (Wh/m^2*	*TOTALE (Wh/m^2)*
Gennaio	2293	829	36	**3159**	**98**
Febbraio	2936	1089	52	**4076**	**114**
Marzo	3308	1425	70	**4804**	**149**
Aprile	3768	1762	93	**5624**	**169**
Maggio	4201	1918	114	**6233**	**193**
Giugno	4574	1918	126	**6618**	**199**
Luglio	4984	1762	129	**6875**	**213**
Agosto	5180	1555	118	**6852**	**212**
Settembre	4171	1451	87	**5709**	**171**
Ottobre	3623	1140	63	**4826**	**150**
Novembre	2696	881	42	**3619**	**109**
Dicembre	2027	752	31	**2810**	**87**
Tot. annuale					**1864**

SPECIFICHE TECNICHE DEI COMPONENTI

GENERATORE FOTOVOLTAICO

Il generatore fotovoltaico si comporrà di moduli del tipo “EVERGRENSOLAR ES-A-210” con una vita utile stimata di oltre 20 anni senza degrado significativo delle prestazioni.

Le altre caratteristiche del generatore fotovoltaico sono:

Numero moduli:	162
Potenza nominale	210 Wp
Celle:	Silicio Silicio policristallino alta efficienza
Tensione circuito aperto V_{OC}	22,8 V
Corrente di corto circuito I_{SC}	12,11 A
Tensione V_{MP}	18,3 V
Corrente I_{MP}	11,48 A
Grado di efficienza:	13,4 %
Dimensioni:	1650,5 mm x 951,3 mm

La **potenza complessiva** da raggiungere sarà di 162 x 210 Wp =34020 Wp. Pertanto il campo fotovoltaico sarà così configurato:

Numero di stringhe	6
Numero di moduli per stringa	27
Tensione V_{MP} a 25℃	494,1 V
Corrente I_{MP} a 25℃	11,48 A x 2 = **22,96 A**
Superficie complessiva moduli	1650,5 mm x 951,3 mm x 162 = **254,4 m².**

I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d’esercizio) rientrano nel range di accettabilità ammesso dall’inverter.

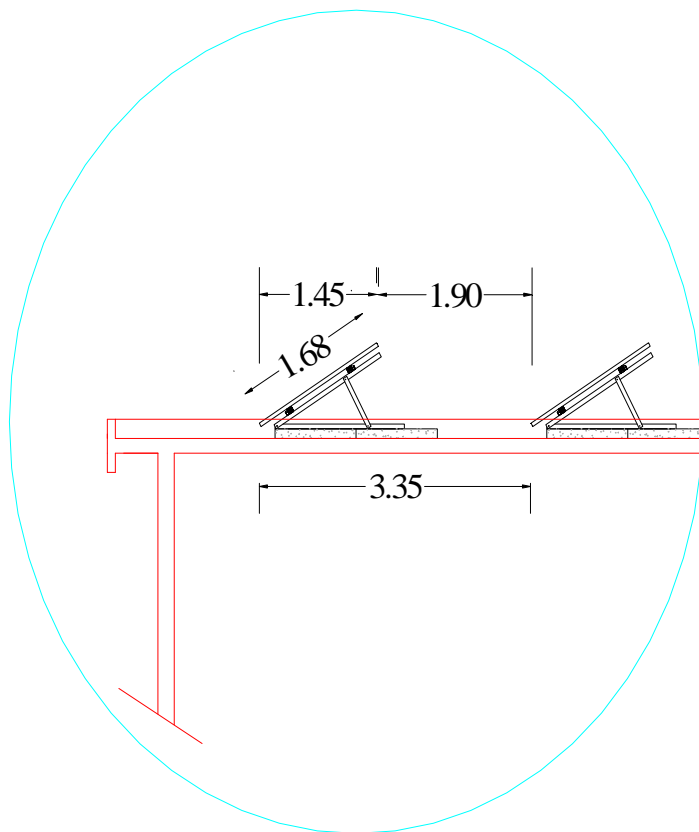
I moduli saranno forniti di diodi di by-pass. Ogni stringa di moduli sarà munita di diodo di blocco per isolare ogni stringa dalle altre in caso di accidentali ombreggiamenti, guasti etc.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici sarà messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

STRUTTURE DI SOSTEGNO DEI MODULI

Il piano dei moduli è inclinato rispetto all'orizzontale di 30 ° (tilt) e ha un orientamento azimutale a - 8° rispetto al sud. i moduli verranno montati su dei supporti in acciaio zincato o alluminio di forma triangolare su apposite zavorre aderenti al piano di copertura, avranno tutti la medesima esposizione. Gli ancoraggi della struttura saranno praticati avendo cura di ripristinare la tenuta stagna dell'attuale copertura, e dovranno resistere a raffiche di vento fino alla velocità di 120 km/h. La scelta della tipologia della struttura di sostegno è stata effettuata in funzione dell'ubicazione dei moduli che sarà in Installazione su tetto piano.

I dati relativi al posizionamento dei moduli in copertura piana sono:

- Moduli in verticale
- Parziale 1: 145,00 cm
- Parziale 2: 190,00 cm
- Distanza totale tra una stringa e l'altra: 335,00 cm

GRUPPO DI CONVERSIONE

Il gruppo di conversione è composto dal convertitore statico (Inverter).

Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto

Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 11-20 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8.
- Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 11-20 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.
- Conformità marchio CE.
- Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65).
- Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.
- Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV.
- Efficienza massima ≥ 90 % al 70% della potenza nominale.

Il gruppo di conversione sarà composto da n°3 inve rter tipo “SOLEIL 10TL” SIAC.

Le caratteristiche tecniche dell’inverter scelto sono le seguenti:

Ingresso max:	11000 Wp
Tensioni in ingresso consentite:	245 – 720 V
Corrente massima in ingresso:	33,5 A
Efficienza:	> 95 %
Peso:	35 kg

QUADRI ELETTRICI

I quadri elettrici dovranno essere realizzati secondo le prescrizioni della norma CEI 17-13/1, in particolare si dovranno curare le connessioni tra le parti percorse da corrente che dovranno essere realizzate con mezzi che assicurino una pressione di contatto sufficiente e permanente.

L’accesso alle parti interne dovrà tenere conto della sicurezza delle persone e della possibilità di venire accidentalmente a contatto con parti in tensione.

Apposite targhette indicatrici saranno poste sul fronte dei pannelli in modo che possano essere facilmente individuate le funzioni svolte dalle apparecchiature ivi installate e dei circuiti che vi fanno capo.

Ci saranno:

- **Quadro lato corrente continua**

Si prevede di installare un quadro sul lato DC di ogni convertitore per il sezionamento e la protezione delle stringhe.

- **Quadro di parallelo lato corrente alternata**

Si prevede di installare un quadro di parallelo sul lato AC, all’interno di in una cassetta posta a valle dei convertitori statici per la misurazione, il collegamento e il controllo delle grandezze in uscita dagli inverter. All’interno di tale quadro, sarà inserito il sistema di interfaccia alla rete e il contatore in uscita della società distributrice dell’energia elettrica ENEL Distribuzione S.p.A..

CAVI ELETTRICI E DI CABLAGGIO

Il dimensionamento dei cavi elettrici di collegamento sia della sezione a corrente continua sia di quella a corrente alternata sarà effettuato in sede di progetto esecutivo utilizzando le tabelle per la portata dei cavi CEI-UNEL 35014/1 per i cavi isolati con materiale elastomerico o termoplastico ed i valori di impedenza a temperatura massima di servizio per la caduta di

tensione. Il collegamento in serie dei moduli e tra le polarità estreme delle stringhe ed il quadro di sottocampo sarà eseguito con cavo flessibile unipolare con guaina in rame da 4 mm^2, del tipo solare con tensione nominale 1500 Vcc, guaina in mescola reticolata tipo M21, isolante in gomma speciale HEPR21, tensione nominale Uo/U AC 0,6/1Kv, tensione nominale Uo/U DC 0,9/1,5 Kv, temperatura ambiente - 40/+90, temperatura max del conduttore +120 °C, temperatura max di corto circuito + 250°C. Resisten ti all'ozono e ai raggi UV.

Le terminazioni elettriche del modulo saranno contenute nella scatola di derivazione posta sul retro. In tali tronchi di collegamento, le cadute di tensione percentuali sono pari a circa 0,8%

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- Sezione delle anime in rame in ragione di 1,5mm x 1 A
- Tipo FG7 se in esterno o in cavidotti su percorsi interrati
- tipo N07V-K se all'interno di cavidotti di edifici

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL, grado d'isolamento di 4 kV.

Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- Conduttore di neutro: blu (obbligatorio)
- Conduttore di fase: grigio / marron
- Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "–"

Come è possibile notare dalle prescrizioni sopra esposte, le sezioni dei conduttori degli impianti fotovoltaici sono sicuramente sovradimensionate per le correnti e le limitate distanze in gioco.

Con tali sezioni la caduta di potenziale viene contenuta entro il 1% del valore misurato da qualsiasi modulo posato al gruppo di conversione.

SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO (SCM)

Il sistema di controllo e monitoraggio del sistema, permette per mezzo di un computer ed un software dedicato, di interrogare in ogni istante l'impianto al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati con la possibilità di visionare le indicazioni tecniche (Tensione, corrente, potenza etc..) di ciascun inverter.

E' possibile inoltre leggere nella memoria eventi del convertitore tutte le grandezze elettriche dei giorni passati.

IMPIANTO DI MESSA A TERRA (MAT)

Il campo fotovoltaico sarà gestito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra. Le stringhe saranno, costituite dalla serie di singoli moduli fotovoltaici e singolarmente sezionabili, provviste di diodo di blocco e di protezioni contro le sovratensioni.

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete; tale separazione può essere sostituita da un trasformatore di separazione.

Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.

Ai fini della sicurezza, se la rete di utente o parte di essa è ritenuta non idonea a sopportare la maggiore intensità di corrente disponibile (dovuta al contributo dell'impianto fotovoltaico), la rete stessa o la parte interessata dovrà essere opportunamente protetta.

La struttura di sostegno verrà regolarmente collegata all'impianto di terra già esistente dell'edificio.

PROTEZIONI

L'impianto fotovoltaico sarà dotato delle protezioni seguenti:

1) Lato continua

- Contro l'inversione di polarità all'ingresso dell'inverter.
- Contro le sovratensioni (di origine atmosferica dirette ed indotte).
- Rilevazione di guasto a terra.
- Contro i contatti diretti ed indiretti secondo la normativa vigente.

2) Lato alternata

Per motivi di sicurezza e per il collegamento in parallelo alla rete pubblica, l'impianto sarà provvisto di protezioni che ne impediscano il funzionamento in isola elettrica (contenute nel

gruppo di conversione), così come previsto dalla norma CEI 11-20 e dalle specifiche del Distributore locale (Specifica ENEL DK 5950).

L'impianto FV verrà disconnesso dalla rete elettrica di distribuzione quando i valori di funzionamento relativi a tensione e frequenza di rete dovessero uscire dall'intervallo di valori definito di seguito:

- minima tensione: 0,8 Vn (tempo di intervento 0,2 s);
- massima tensione: 1,2 Vn (tempo di intervento 0,1 s);
- minima frequenza 49,7 Hz (tempo di intervento 0,0 s);
- massima frequenza: 50,3 Hz (tempo di intervento 0,0 s).

Sarà inoltre realizzata la connessione con il sistema di terra dell'edificio, secondo norme CEI.

DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

In base alle norme UNI 8477-1 e UNI 10349, l'irraggiamento calcolato su moduli esposti a -8° rispetto al Sud ed inclinati rispetto all'orizz ontale di 30° con un fattore di albedo scelto: Erba verde risulta essere pari a 1864 kWh/m².

La potenza alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m² a 25℃ di temperatura) risulta essere:

$$\mathbf{P_{STC} = P_{MODULO} \times N°_{MODULI} = 210 \times 162 = 34020\ Wp}$$

Considerando un'efficienza del B.O.S. (Balance of system) del 85% che tiene conto delle perdite dovute a diversi fattori quali: maggiori temperature, superfici dei moduli polverose, differenze di rendimento tra i moduli, perdite dovute al sistema di conversione la potenza sul lato c.a. sarà uguale a:

$$\mathbf{P_{CA} = P_{STC} \times 85\% = 28917\ Wp}$$

L'energia producibile su base annua dal sistema fotovoltaico è data da:

$$\mathbf{E\ [kWh/anno) = (I \times A \times K_{ombre} \times R_{MODULI} \times R_{BOS})}$$

In cui: I = irraggiamento medio annuo = 1864 kWh/m²

A = superficie totale dei moduli = 254,4 m²

K_{ombre} = Fattore di riduzione delle ombre = 0,95.

R_{MODULI} = rendimento di conversione dei moduli = 13,4%

R_{BOS} = rendimento del B.O.S. = 85%

Pertanto, applicando la formula abbiamo:

E = (1864 x 254,4 x 0,95 x 13,4% x 85%) = 51298 kWh/anno

Il valore di 51298 kWh/anno è l'energia che il sistema fotovoltaico produrrà in un anno, se non vi sono interruzioni nel servizio.

I misuratori di energia prodotta saranno due:

- un misuratore dell'energia totale prodotta dal sistema fotovoltaico, M2
- un contatore di energia di tipo elettronico bidirezionale M1 con visualizzazione della quantità di energia ceduta alla rete elettrica esterna, e sarà posto a cura del Distributore di Energia Elettrica. Le predisposizioni murarie saranno a cura dell'installatore dell'impianto FV.

VERIFICA TECNICO-FUNZIONALE

Al termine dei lavori l'installatore dell'impianto effettuerà le seguenti verifiche tecnico-funzionali:

- corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, ecc.);
- continuità elettrica e connessioni tra moduli;
- messa a terra di masse e scaricatori;
- isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;

L'impianto deve essere realizzato con componenti che assicurino l'osservanza delle due seguenti condizioni:

a) condizione da verificare:

$$\mathbf{P_{cc} > 0{,}85*P_{nom} *I / I_{STC};}$$

in cui:

- P_{cc} è la potenza in corrente continua misurata all'uscita del generatore fotovoltaico, con precisione migliore del ± 2%;
- P_{nom} è la potenza nominale del generatore fotovoltaico;
- I è l'irraggiamento [W/m²] misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del ± 3%;
- I_{STC}, pari a 1000 W/m², è l'irraggiamento in condizioni di prova standard;

Tale condizione deve essere verificata per I > 600 W/m².

b) condizione da verificare:

$$\mathbf{P_{ca} > 0{,}9*P_{cc}.}$$

in cui:

- P_{ca} è la potenza attiva in corrente alternata misurata all'uscita del gruppo di conversione della corrente generata dai moduli fotovoltaici continua in corrente alternata, con precisione migliore del 2%.

La misura della potenza P_{cc} e della potenza P_{ca} deve essere effettuata in condizioni di irraggiamento (I) sul piano dei moduli superiore a 600 W/m².

Qualora nel corso di detta misura venga rilevata una temperatura di lavoro dei moduli, misurata sulla faccia posteriore dei medesimi, superiore a 40 ℃, è ammessa la correzione in temperatura della potenza stessa. In questo caso la condizione a) precedente diventa:

a') $P_{cc} > (1 - P_{tpv} - 0{,}08) * P_{nom} * I / I_{STC}$

Ove P_{tpv} indica le perdite termiche del generatore fotovoltaico (desunte dai fogli di dati dei moduli), mentre tutte le altre perdite del generatore stesso (ottiche, resistive, caduta sui diodi, difetti di accoppiamento) sono tipicamente assunte pari all'8%.

Le perdite termiche del generatore fotovoltaico P_{tpv}, nota la temperatura delle celle fotovoltaiche T_{cel}, possono essere determinate da:

- $P_{tpv} = (T_{cel} - 25) * \gamma / 100$

oppure, nota la temperatura ambiente T_{amb} da:

- $P_{tpv} = [T_{amb} - 25 + (NOCT - 20) * I / 800] * \gamma / 100$

in cui:

- γ: Coefficiente di temperatura di potenza (parametro, fornito dal costruttore, per moduli in silicio cristallino è tipicamente pari a 0,4÷0,5 %/℃).
- NOCT: Temperatura nominale di lavoro della cella (parametro, fornito dal costruttore, è tipicamente pari a 40÷50℃, ma può a rrivare a 60 ℃ per moduli in vetrocamera).
- T_{amb}: Temperatura ambiente; nel caso di impianti in cui una faccia del modulo sia esposta all'esterno e l'altra faccia sia esposta all'interno di un edificio (come accade nei lucernai a tetto), la temperatura da considerare sarà la media tra le due temperature.
- T_{cel}:è la temperatura delle celle di un modulo fotovoltaico; può essere misurata mediante un sensore termoresistivo (PT100) attaccato sul retro del modulo.

IDONEITÀ DELLA RETE DI SERVIZI ESTERNI

Con riferimento al generatore fotovoltaico, sulla rete elettrica dell'utente esiste un sistema passivo di distribuzione di carichi elettrici

IMPATTO AMBIENTALE

L'edificio dove dovrà sorgere impianto fotovoltaico non è soggetta a vincoli architettonici, paesaggistici e di altra specie.

.

CONSIDERAZIONI FINALI

La produzione di energia elettrica per conversione fotovoltaica dell’energia solare non causa immissione di sostanze inquinanti nell’atmosfera ed ogni kWh prodotto con fonte fotovoltaica consente di evitare l'emissione nell'atmosfera di 0,3 - 0,5 kg di CO_2 (gas responsabile dell’effetto serra, prodotto con la tradizionale produzione termoelettrica che, in Italia, rappresenta l’80% circa della generazione elettrica nazionale).

Varie

Sarà applicata, in fase di lavori, la seguente cartellonistica :

- QUADRO ELETTRICO GENERALE
- PERICOLO
- QUADRO ELETTRICO
- NON USARE ACQUA PER SPEGNERE INCENDI

CONCLUSIONI

Dovranno essere emessi e rilasciati dall’installatore i seguenti documenti:

- manuale di uso e manutenzione, inclusivo della pianificazione consigliata degli interventi di manutenzione;
- dichiarazione attestante le verifiche effettuate e il relativo esito;
- dichiarazione di conformità ai sensi del DM 37/2008, articolo 1, lettera a;
- certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità alla norma CEI EN 61215, per moduli al silicio cristallino, e alla CEI EN 61646 per moduli a film sottile;
- certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità del convertitore c.c./c.a. alle norme vigenti e, in particolare, alle CEI 11-20 qualora venga impiegato il dispositivo di interfaccia interno al convertitore stesso;
- certificati di garanzia relativi alle apparecchiature installate;
- garanzia sull’intero impianto e sulle relative prestazioni di funzionamento.

La ditta installatrice, oltre ad eseguire scrupolosamente quanto indicato nel presente progetto, dovrà eseguire tutti i lavori nel rispetto della REGOLA DELL’ARTE

IL TECNICO